

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 11, 2020

University of New Mexico 

Modelo de recomendación Neutrosófico para predecir la producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador

Zoila Mirella Mariscal Rosado [1], Jessica Leonela Mora Romero [2] , Maura de la Caridad Salabarría Roig [3] , José Sergio Puig Espinoza[4]

[1] Docente, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: ub.coordinacionaeyn@uniandes.edu.ec

[2] Docente, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: ub.jessicamora@uniandes.edu.ec

[3] Directora General, Centro de Estudios para la Calidad Educativa y la Investigación Científica, México. E-mail: maura1059@gmail.com

[4] Director Académico, Centro de Estudios para la Calidad Educativa y la Investigación Científica. E-mail: puigespinosa@gmail.com

Resumen. La energía es un elemento fundamental para el desarrollo y funcionamiento de las sociedades actuales. En la actualidad la producción de energía se acentúa en la mayoría de los países, aspecto visible con solo acceder a las estadísticas de oferta y consumo de energía. En Ecuador, la producción de energía y el consumo de energía crece sustancialmente. Sin embargo, la producción de energía limpia es todavía ínfima. Al respecto se percibe que existe consenso en el uso de la energía limpia como ventaja competitiva del país, pero su producción es insuficiente ya que ella es más costosa en términos en cuanto a su inversión inicial. El uso de la energía limpia es favorable, predecir su producción resulta vital, debido a que la energía limpia no genera desechos y tampoco emite gases derivados de su uso, por lo que este tipo de energía, se torna competitiva con otras fuentes renovables. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo es predecir la producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador, para ello se emplea un modelo de recomendación neutrosófico, el cual favorece la interpretación de los datos cualitativos, existente sobre producción de energía limpia, en Ecuador, para poder realizar las predicciones previstas con menos incertidumbre.

Palabras Claves: Producción de energía renovable, energía limpia, predicción, ventaja competitiva, modelo de recomendación neutrosófico, incertidumbre

1 Introducción

La energía limpia o energía renovable es aquella que, utiliza los caudales naturales de energía del planeta, constructo inagotable de flujo, renovándose constantemente, sin que se produzca daños a la naturaleza por su generación. De forma inmediata se hace factible la utilización de estas fuentes a partir de tres catalizadores principales: la rapidez con que se está alcanzando la paridad de red, la integración rentable y fiable en la red y la innovación tecnológica.

La producción de energía limpia posee un doble objetivo, el primero se corresponde con el reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el segundo, está encaminado con minimizar los riesgos ambientales asociados al actual sistema de generación de energía. Con el propósito de generar fuentes de energía limpia, se hace uso de la gestión de conocimientos, área que incide de forma directa sobre el conocimiento existente y acumulado sobre los componentes sociales (demografía, inclusión, prioridad de lo endógeno, responsabilidad y geográficos) económicos (uso racional y equitativo de los recursos y justicia distributiva) y su dimensión política (encargo efectivo del bienestar general, participación y transparencia) para así obtener todo el conocimiento necesario para poder producir energía limpia.

Por otra parte, la innovación como la base de cualquier crecimiento económico, sostenible y del desarrollo es el proceso a través del cual se utiliza con éxito, comercial o social, el conocimiento adquirido. Es la apropiación social de lo desconocido, de nuevos conocimientos, tecnologías y prácticas y su utilización por parte de los productores y por los distintos actores de las cadenas de agregación de valor[1].

La aplicabilidad de las ciencias es una respuesta prioritaria a las nuevas formas de adquirís y utilizar el conocimiento con el fin de mejorar el estado de situación prevaleciente, las oportunidades de enlaces con los mercados, la adaptación al cambio climático y el uso sostenible de los recursos naturales y la producción de un tipo de fuerza

motriz que no instaure precariedad sobre la producción de energía limpia. Ecuador, es abundante en recursos naturales, país que ha aumentado durante la última década la capacidad de generación de energía eléctrica.

Ecuador cuenta con un potencial exportador de energía limpia y amigable con el medio ambiente a sus países vecinos, [1]. Posee una ubicación privilegiada en cuanto a recurso solar, ya que recibe una radiación casi perpendicular, invariable durante el año y con un ángulo de incidencia constante; características que otorgan a la generación fotovoltaica y termo solar un enorme potencial de aprovechamiento, [2].

Mediante el decreto ejecutivo N.475, el gobierno ecuatoriano crea el ministerio de electricidad y energías renovables (MEER), el 19 de julio del 2007, órgano rector y planificador del sector eléctrico, que promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientales limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas.

La implementación de proyectos es una tarea continua que posee Ecuador, y que está encaminada en la búsqueda de una independencia energética que aumente la productividad del país y mejore su economía. Las hidroeléctricas han sido los principales proyectos realizados ya que obtienen energía mediante una fuente renovable y amigable con el medio ambiente [3].

En Ecuador, el objetivo del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables es que, para el 2020, el 86 % de la electricidad provenga de generación hidroeléctrica, y un 2 % por tecnologías renovables no convencionales (1 % solar y eólica, 1 % biomasa). El resto se espera que provenga de energía termoeléctrica e importaciones (9 % y 3 %, respectivamente), [4]. Las hidroeléctricas han sido los principales proyectos realizados ya que a través de ellos se obtienen energía mediante una fuente renovable y amigable con el medio ambiente.

Sin embargo, se podría mejorar la matriz energética ecuatoriana, mediante una correcta combinación de todos sus tipos de generación de energía, es decir un mix energético, según refiere el citado autor. La implementación de diferentes tipos de tecnología como los paneles fotovoltaicos en los hogares y de granjas solares en la región sur del país; la instalación de plantas eólicas en la región andina y litoral; plantas de biogás en los rellenos sanitarios de las principales ciudades, son las principales fuentes energéticas que el país podría aprovechar para obtener energía limpia y así satisfacer su demanda eléctrica con recursos renovables, marcando un hito en Sudamérica.

Basado en las bondades que presentan las energías renovables no convencionales, donde se encuentra inmersa la energía limpia, aún existen limitantes o barreras que afectan su desarrollo. Al ser ellas, tecnologías que entran en competencia con las tradicionalmente existentes, afrontan dificultades para su penetración.

Las mayores dificultades, que se presentan van desde aspectos financieros, regulatorios, económicos o tecnológicos, pasando por la idiosincrasia y escepticismo por parte de los promotores locales. Por ello, una promoción de este tipo de tecnologías debe ser incentivada de forma muy positiva.

El sector energético de Ecuador, es considerado estratégico, y por tanto debe estar a cargo del estado, en ese sentido, la política de diversificación energética a través de tecnologías no convencionales, debe ser analizada, desde una visión sistemática, articulada en el resto de políticas para establecer estrategias que provea los medios y determine responsables [5]. El sector privado ecuatoriano, se encuentra limitado para involucrarse en la inversión de generación que utilice recursos renovables no convencionales.

Al respecto, en el estudio realizado por [6] sobre la situación del sector energético ecuatoriano se hace referencia a que el consumo final de energía en dicho país es de 101 Mbep, dato que posibilitó la identificación de los principales consumos energéticos referenciales de cada sector y a su vez contribuyó en la definición de mecanismos para implementar un plan de eficiencia energético, mediante un mix energético u otras alternativas. La evolución del consumo de energía por diferentes sectores, en el estudio realizado por [6], demuestra que el transporte es uno de los grandes consumidores de energía en Ecuador, seguido del sector industrial, construcción y residencial sucesivamente.

La demanda energética ecuatoriana se satisface al hacer uso de un elevado porcentaje de combustibles fósiles como el diésel, la gasolina, la electricidad y otros, según refiere [6]. Ante tal problemática el gobierno ecuatoriano concibe la implementación de un plan nacional de eficiencia energética agresivo, especialmente en el sector eléctrico, llamado cambio de la matriz energética, cuyo cambio se enfoca en los ejes residencial, comercial y público, industrial y transporte y que tiene como objetivo la producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador.

La participación de las energías renovables en la matriz energética del Ecuador considera los aspectos; generación de electricidad, a través del aprovechamiento de recursos naturales en proyectos hidroeléctricos, eólicos, biomasa (co-generación) y solares (fotovoltaicos); la obtención de gas combustible (biogás), utiliza residuos orgánicos producidos por la agroindustria; el uso de biocombustibles para el transporte, a través de la sustitución parcial del consumo de la gasolina extra con etanol; el calentamiento de agua con energía solar, para reemplazar el uso de electricidad o de gas licuado de petróleo [7].

Estudios realizados por [8], manifiestan que la actualidad el ecosistema es el más afectado con el sistema de generación eléctrica existente en el país, convirtiendo entonces el tema de la energía, como un sector estratégico para el gobierno ecuatoriano. Para modificar el tema de generación eléctrica, se han desarrollado varios proyectos, hidráulicos fundamentalmente, entre los que se destacan coca codo Sinclair, Manduriacu, Minas San Francisco, Quijos, entre otros.

De acuerdo al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable - MEER, la energía eólica en el Ecuador, está siendo aprovechada en la Isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW. Así mismo en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco, con una potencia instalada de 16,5 MW. Además del proyecto recientemente inaugurado en la Isla Baltra con una capacidad de 2,25 MW. A través del MEER, gracias a los últimos veinte años de progreso tecnológico, han desarrollado el "Atlas Eólico del Ecuador", el cual se ha elaborado mediante mapeo satelital, y permite conocer las zonas potenciales para el aprovechamiento energético en Ecuador [9].

Para producir energía limpia, se enfatiza en los ejes residencial, comercial y público, industrial y transporte, considerados como un solo eje, por presentar características energéticas similares según refiere [4]. De acuerdo con lo antes referido, en Ecuador se ha tomado una serie de medidas de eficiencia energética como:

- Creación de normas de eficiencia energética
- Renovación de tecnología en iluminación residencial
- Cambio de luminarias más eficientes en alumbrado público
- Programas de renovación de electrodomésticos eficientes
- Implementación de cocinas de inducción en los hogares,

Las medidas señaladas inciden en el ahorro significativo que en los últimos años ha tenido Ecuador y favorece la provisión de esta potencia. El cambio de matriz energética de Ecuador, involucran nuevos tipos de generación energética, como la inclusión de la primera planta geotérmica del país, que permite cubrir un buen porcentaje de la generación eléctrica con fuentes renovables del país lo que contribuye a la producción de energía limpia como ventaja competitiva ecuatoriana.

Con la introducción de energías renovables, no sólo se plantean nuevas tecnologías, sino se apuesta a un cambio institucional que incluye elementos económicos, sociales y ambientales, no considerados previamente en la matriz energética. Estos argumentos son necesarios para promover la energía renovable, ya que la misma sostienen la necesidad de considerar los tres pilares fundamentales; institucionales, principalmente los aspectos regulatorios, que deben convivir con las reglas hechas para los sistemas de generación eléctrica convencional y que favorecen la producción de energía limpia.

En este sentido, las políticas enfocadas a la promoción de las energías renovables, como generadora de energía limpia, suelen verse inequitativas. Dentro de las evidencias que exponen la necesidad de introducir energía renovable como base para la producción de energía limpia, se encuentra la falta de sostenibilidad del modelo energético actual, así como la planificación y análisis de los problemas socio-ambientales futuros, destacándose los argumentos como:

- El precio de la energía convencional no tiene en cuenta los costos externos ambientales y sociales; es decir, los costos asociados a la remediación de los procesos contaminantes, a la salud o al impacto visual.
- La elección de las tecnologías convencionales se efectúa ignorando los problemas que se puedan presentar, ya sea por la disminución de recursos no renovables o el cambio climático.
- Las energías renovables requieren de apoyo gubernamental ya que, aun cuando algunas han alcanzado etapas de madurez tecnológica, es necesario un tiempo para que su uso se extienda.

Basado en los argumentos referidos, es deseable en Ecuador, que los esfuerzos iniciales para incorporar energía renovable y la consolidación de la misma en un sector renovable sólido y estable, puedan responder a las necesidades estratégicas de diversificación como refirió [10]. Son disimiles las fuentes de energía renovable que se imponen a corto, mediano y largo plazo, para el desarrollo social y económico de un país, sin embargo, este tipo de energías tienen la problemática de que son dependientes a las condiciones ambientales, especialmente a la velocidad del viento y la radiación solar.

De acuerdo con las dependencias que poseen las fuentes de energía renovable a las condiciones ambientales, las plantas de generación con energía renovables son de tipo intermitente, es decir, no pueden proporcionar continuamente energía, situación que induce a la incorporación de HRES, *Hybrid Renewble Energy System* por sus siglas en inglés, que consiste en la integración de fuentes de energías renovables: eólica, solar, hídricas, biomasa y pilas de combustible; con recursos no renovables, componiendo un sistema más confiable y amigable con el medio ambiente [3][2].

Los sistemas híbridos renovables pueden ser utilizado en cualquier sector que lo requiera, es por ello que generalmente, se instalan en zonas rurales o de difícil acceso debido a la falta de redes eléctricas que existen en estos sectores permitiendo disminuir costes económicos significativos. Además, puede utilizarse en zonas naturales protegidas, ya que su impacto ambiental es mínimo, siendo muy atractivo para países con gran biodiversidad y que sus leyes prohíben un gran impacto ambiental en sus localidades, como es el caso de Ecuador.

Para predecir la producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador y de acuerdo con las características antes planteadas, se propone un modelo de recomendación Neutrosófico. Los modelos de recomendación Neutrosóficos son de utilidad ya que a través de ellos es posible llevar a cabo el proceso de apoyo a la toma de decisiones.

Estos modelos y en particular los basados en conocimiento, realizan sugerencias e infieren sobre las necesidades de un usuario y sus preferencias, apoyados fundamentalmente en el razonamiento basado en casos [11 y 12]. El enfoque basado en conocimiento se distingue en el sentido que usan conocimiento sobre cómo un objeto en particular puede satisfacer las necesidades del usuario, y por lo tanto tiene la capacidad de razonar sobre la relación entre una necesidad y la posible recomendación que se presenta.

2 Materiales y métodos

En la presente investigación se propone un modelo de recomendación basado en conocimiento utilizando el de números neutrosóficos de valor único, ellos favorecen la utilización de variables lingüísticas [13]. Este modelo de recomendación parte del análisis de la composición de la matriz energética en Ecuador, la cual está compuesta por diferentes fuentes de energía primaria, donde se combinan recursos que se sustentan de la generación térmica con hidrocarburos, la generación mediante el uso hidráulico, la generación solar y la generación eólica.

El modelo de recomendación a desarrollar permite representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números neutrosóficos de valor único [14][3]. Cada elemento analizar, a_i, en el modelo se describirán de acuerdo con el conjunto de características que conformarán el perfil de los elementos analizar, en el presente estudio se corresponde con los elementos que integran la matriz energética en Ecuador, ellos serán representados a través de la ecuación 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \qquad (1)$$

Para la obtención de la base de datos de los elementos que componen la matriz energética de Ecuador, se crea un perfil que representa las características de cada elemento que componen la matriz energética. Las características se obtienen mediante números neutrosóficos de valor único[4, 5] [15, 16], y con ellas es posible obtener la distancia entre los elementos y las características de cada perfil que se crea y se almacena en la Base de Datos para el análisis a través del modelo de recomendación propuesto.

Para realizar el cálculo entre la distancia que existe entre los elementos y las características de cada perfil se utiliza la ecuación 2, que se corresponde con la distancia euclidiana, la que permite establecer una medida de similitud entre los elementos que integran la matriz energética ecuatoriana de acuerdo con las características similares para cada elemento.

$$d_i = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

$$(i = 1,2, \dots, m)$$

La similitud se obtiene en la medida que los elementos a_i se encuentren más cercanos a las características de cada elemento, mientras más cercanos estén los elementos mayor similitud existirá entre ellos. La cercanía y similitud entre los elementos y las características de los elementos se obtiene a partir de la evaluación que se haga a través de la escala de términos lingüísticos propuesta [15].

Una vez obtenida la distancia entre los elementos que componen la matriz energética de Ecuador y las características de cada elemento, el resultado se guarda en la Base de Datos previamente creada para obtener posteriormente recomendaciones de cada elemento con sus respectivas características, cuyas recomendaciones son útiles para apoyar la toma de decisiones en cuanto a los elementos que mejor se ajusten para obtener una producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador.

3 Resultados

El marco de trabajo del modelo de recomendación Neutrosófico para predecir la producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador es el que se muestra en la Figura 1.

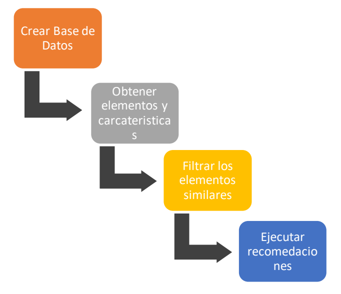


Figure 1: Modelo de recomendación Neutrosófico.

Se crea una Base de Datos para predecir la producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador, en la Base de Datos se guardan los elementos que componen la matriz energética de Ecuador, cada elemento es representado como $A = \{a1, a2, a3, a4\}$, cada uno de ellos poseen características que son atributos que se representan como $C = \{c1, c2, c3, c4\}$.

Los atributos (características) de cada elemento son evaluados a través de la escala de términos lingüísticos propuesta por [15] y el resultado de las evaluaciones de cada atributo se guarda en la Base de Datos. Desde la Base de Datos es posible realizar el cálculo de la similitud existente entre cada elemento que componen la matriz energética de Ecuador con sus respectivas características, el resultado que se obtiene es el que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Similitud entre los elementos que componen la matriz energética de Ecuador.

a_1 Generación térmica con hidrocarburos	a_2 Generación mediante el uso hidráulico	a_3 Generación solar	a_4 Generación eólica
0.73	**0.78**	**0.40**	**0.42**

Obtenido el resultado que se muestra en la Tabla 1, se realiza el proceso de recomendación. El proceso de recomendación de acuerdo con la Tabla 1 y las características de cada uno de los elementos que posee la matriz energética de Ecuador se corresponde con el uso de la generación hidráulica.

Esta generación de energía es la que se va a imponer en el corto y mediano plazo en el país, puesto que Ecuador dispone de un potencial que está en pleno aprovechamiento. Sin embargo, a pesar de que se pudiese llegar a un óptimo de capacidad hidroeléctrica instalada, Ecuador requiere de otras fuentes de energía para diversificar la generación y reducir la vulnerabilidad del sistema eléctrico.

Conclusiones

El modelo de recomendación Neutrosófico para predecir la producción de energía limpia como ventaja competitiva en Ecuador, se apoyó en el análisis de las características más distintivas que posee la matriz energética de Ecuador en la actualidad. A través del modelo propuesto se obtuvo que la generación mediante el uso hidráulico es la más adecuada, esta generación es la que se está estableciendo para promover la generación renovable en el país, donde existen mecanismos como: incentivos económicos, mecanismos fiscales, instrumentos de mercado, portafolio de energía y objetivos nacionales.

Referencias

[1] A. de R. y control de Electricidad, "Atlas del Sector Eléctrico ecuatoriano 2016," Atlas del Sect. Electr. Ecuatoriano, vol. 1, p. 113, 2017.
[2] CONELEC, "Atlas solar del ecuador," Conelec, pp. 1–51, 2008.
[3] J. Z, AGUIRRE. Análisis de la matriz energética ecuatoriana y plan de desarrollo energético sostenible para la ciudad de Machala. Trabajo de Fin de Máster. Tecnología energética para desarrollo sostenible, Universidad Polítecnica de Valencia, 2018.
[4] MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable), 2008p, Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador, mayo 2008.
[5] C. Quevedo, Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energías. Quito: CIE, 2002
[6] "Planificación de eficiencia energética del Ecuador," 2016.
[7] C. Álvarez, P. Felipe, D. González González, P. Alemán, & J. Grey, Energías renovables y medio ambiente: su regulación jurídica en Ecuador. Revista Universidad, y Sociedad, 8(3), 2016, 179-183.
[8] J. E.M, Centeno, L.A.V, Molina, y G.L, Castillo, Los Diferentes Costos que Tiene la Energía Eléctrica en el Ecuador Considerando los Cambios de la Estructura Actual. Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 3(2), 2018, 29-36.
[9] M.E, Reyes, K.C, Pineda, R.L, Córdova, y M.D.S, Briones, La formación práctica del ingeniero eléctrico en la universidad laica Eloy Alfaro de Manabí. Experiencias con el uso de un simulador de energía eólica. Refcale: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa. ISSN 1390-9010, 3(3), 2016, 73-88.
[10] J. Nebreda. Aspectos jurídicos de la producción de energía en Régimen Especial (Primera Edición ed.). Navarra, España: Aranzi-Thomson Civitas, 2007.
[11] Dietmar Jannach, Tutorial: Recommender Systems, in International Joint Conference on Artificial Intelligence Beijing, August 4, 2013.
[12] Freire, J.B., et al., Modelo de recomendación de productos basado en computación con palabras y operadores OWA [A

product recommendation model based on computing with word and OWA operators]. International Journal of Innovation and Applied Studies, 16(1), 2016, p. 78.

[13] Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment. Neural computing and Applications, 27(3), 2016, p. 727-737.

[14] Leyva, M., Smarandache, F., Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre, 2018. Pons, Bruselas.

[15] Şahin, R. and M. Yiğider, A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection. arXiv preprint arXiv:1412.5077, 2014.

[16] Ye, J., Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method. Journal of intelligent Systems, 23(3), 2014, p. 311-324

[17] C. M. L. Segura, C. V. V. Vargas, and N. B. Hernández, "POBREZA, MEDIO AMBIENTE Y PROACTIVIDAD DEL DERECHO," *Revista Órbita Pedagógica. ISSN 2409-0131*, vol. 3, no. 2, pp. 83-92, 2016.

[18] B. M. Acuña, "EL ÁMBITO OBJETIVO DE LA JUSTICIA ADMINISTRATIVA EN EL DERECHO ECUATORIANO," *Revista General de Derecho Administrativo*, no. 44, pp. 7, 2017.

[19] J. Estupiñan Ricardo, M. E. Llumiguano Poma, A. M. Argüello Pazmiño, A. D. Albán Navarro, L. Martín Estévez, and N. Batista Hernandez, "Neutrosophic model to determine the degree of comprehension of higher education students in Ecuador," *Neutrosophic Sets & Systems*, vol. 26, 2019.

[20] N. B. Hernandez, and J. E. Ricardo, *Gestión empresarial y posmodernidad*: Infinite Study, 2018.

[21] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

Received: noviembre 03, 2019. Accepted: enero 15, 2020